

Zur Sedimentologie und Geochemie der "Hardgrounds"
an der
Kreide - Tertiär - Grenze zwischen Garda - See und Schio
(Südalpen)

Verkürzte Fassung
der
INAUGURAL-DISSERTATION

zur
Erlangung der Würde eines Doktors der Philosophie
vorgelegt der
Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Basel
von

KEIVAN NOVBAKHT
aus Iran

1973
Basel

aku-Fotodruck

Zur Sedimentologie und Geochemie der "Hardgrounds"
an der
Kreide - Tertiär - Grenze zwischen Garda - See und Schio
(Südalpen)

Verkürzte Fassung

der

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Würde eines Doktors der Philosophie

vorgelegt der

Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Basel

von

KEIVAN NOVBAKHT

aus Iran

1973

Basel

aku-Fotodruck

Genehmigt von der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
auf Antrag der

Herrn Professoren D. Bernoulli und H. Schwander

Basel, den 19. Juni 1973

Prof. M. Eichler

Dekan



Herrn Keivan Novbakht wurde von der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel am 19. 6. 1973 erlaubt, diese verkürzte Fassung seiner am 19. 6. 1973 genehmigten Inauguraldissertation drucken zu lassen. Die vollinhaltliche Arbeit mit dem Titel :

Zur Sedimentologie und Geochemie der "Hardgrounds" an der Kreide-Tertiär-Grenze zwischen Garda-See und Schio (Südalpen).

kann eingesehen oder entliehen werden :

1. im Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Basel;
2. in der Universitätsbibliothek Basel;
3. in der Schweizerischen Landesbibliothek in Bern .

Vorwort

Die vorliegende Arbeit ist die verkürzte Fassung einer Dissertation, die unter Leitung von Herrn Prof. D. Bernoulli in den Jahren 1969 bis 1973 entstanden ist. Den Herren Prof. D. Bernoulli, H. Schwander und PD. Dr. W. B. Stern sowie folgenden Herren, die mir Anregungen und Hilfe zuteil werden liessen, danke ich herzlich :

Prof. A. Castellarin (Bologna) , W. Drittenbass, PD. Dr. S. Gräser, R. Guggenheim, Fr. L. Henning, Prof. L. Jenny, Prof. M. Reichel, R. Wessiken (ETH Zürich).

Die Feldarbeiten wurden im Rahmen eines Nationalfondprojektes über die paläotektonische und sedimentäre Entwicklung der südlichen Tethys (Projekt Nr. 2.421.70) durchgeführt .

Geographische Lage, stratigraphischer und paläotektonischer Rahmen

Die vorliegende Arbeit behandelt die reduzierten und kondensierten pelagischen Serien, welche die Trento Zone der östlichen Südalpen während der jüngsten Kreide und des ältesten Tertiärs kennzeichnen. Das engere Untersuchungsgebiet umfasst die Gebirgsgruppen des Monte Baldo und der Monti Lessini zwischen Garda-See und Schio (Fig.1). Zeit ihrer jungmesozoischen und alttertiären Entwicklung bildete die Trento Zone eine von tieferen Becken flankierte Hochzone. Während der früheren Entwicklung der Trento-Schwelle waren Subsidenz und Sedimentation im Gleichgewicht, während des unteren Dogger wurde jedoch die Sedimentation von Flachwasser-Karbonaten unterbrochen; die Trento Zone blieb jedoch während des ganzen ausgehenden Mesozoikums als relative Hochzone erhalten, auf der lediglich geringmächtige pelagische Sedimente abgelagert wurden. Diese pelagischen Sedimente sind durch zahlreiche Sedimentationslücken, dokumentiert

durch "Hardgrounds", submarine Kalklösung (Subsolution), Erosion und Mangan-Knollen usw. gekennzeichnet. Besonders augenfällig sind solche Schichtlücken und Hardground-Bildungen im oberen Teil und am Dach der Scaglia Rossa (obere Kreide).

Das untere Paleocaen fehlt im ganzen Gebiet vollständig und ist nur in Bohrgängen erhalten. Mittleres Paleocaen bis unteres Eocaen werden durch eine lokal ausserordentlich variable lückenhafte Serie von geringmächtigen, meist mineralisierten, pelagischen Kalken, Hyaloklastiten und pyroklastischen Sedimenten vertreten. Erst vom Cuisian an vollzieht sich dann ein Uebergang zu rein neritischen, lokal kontinentalen Bedingungen, welcher mit der gesteigerten vulkanischen Tätigkeit Hand in Hand geht.

Innerhalb des Intervalls, oberste Kreide bis Unter-Eocaen, wurden 18 Profile aufgenommen und 575 Proben gesammelt. Von diesen wurden wiederum 11 Profile mit insgesamt 313 Proben ausgewählt und einer genaueren sedimentologischen Analyse unterzogen.

An 26 Proben aus drei Profilen wurden geochemische Untersuchungen durchgeführt. Diese Untersuchungen umfassen im wesentlichen semi-quantitative Bestimmungen der Hauptelemente mittels Röntgenfluoreszenz, sowie quantitative Bestimmungen von Neben- und Spurenelementen mittels Emissionsspektrographie. Bilder von Elementenverteilungen wurden mit Hilfe eines Rasterelktronenmikroskops mit Sondenzusatz hergestellt.

Stratigraphie :

Die Detailstratigraphie der Kreide-Tertiär-Grenze ist in Figur 2 dargestellt.

Sedimentologische und geochemische Beobachtungen :

Scaglia Rossa : Die Scaglia Rossa der oberen Kreide besteht aus gut gebankten pelagischen Biomikriten mit wechselndem Anteil von planktonischen Foraminiferen (Wackestone bis Packstone-Textur).

Der feine Anteil besteht vorwiegend aus Coccolithen mit syntaxialem kalzitischem "overgrowth"-Zement und neomorphem Kalzit.

Mit Ausnahme der typischen Hardgrounds lässt sich eine relativ späte Zementation der Scaglia Rossa nachweisen : Olistostrome und Phacoide von kretazischer Scaglia, welche mit den paleocaenen Vulkaniten assoziiert sind, zeigen im allgemeinen typische fluidale Deformation in plastischem Zustand (vlg. auch MOZZI, 1965; DAL PRÀ und MEDIZZA, 1967).

Frühe submarine Zementation der Scaglia Rossa ist ausschliesslich mit den Hardground-Horizonten, welche Unterbrüche in der Sedimentation anzeigen, verknüpft. Gegen die eigentlichen Hardgrounds zeigt die Scaglia eine zunehmende Phosphatisierung: Während der Kontakt zum eigentlichen Hardground vollkommen scharf ist, nimmt die Phosphatisierung gegen das Liegende kontinuierlich ab. Die phosphatisierte Scaglia zeigt die gleiche Ablagerungstextur und den gleichen Fossilinhalt wie die unveränderte Scaglia; dies spricht deutlich für einen von der Sedimentoberfläche ausgehenden diagenetischen "Replacement"-Vorgang. Die Phosphatisierung ergreift zuerst die mikritische Grundmasse, in der die Foraminiferen zunächst noch als kalzitische Inseln erkennbar sind, später auch die Schalen der planktonischen Foraminiferen. Röntgenographisch wurde unter anderem Apatit festgestellt. Als maximale P_2O_5 -Werte wurden 7,1 Gew.% (entspricht 19 Gew.% Apatit) in phosphatisierte Scaglia, 19 Gew.% (entspricht 48 Gew.% Apatit) in aufgearbeiteten Komponenten von phosphatisierter Scaglia (konglomeratischer Hardground) gefunden. Diese Werte, sowie die beobachteten Texturen lassen sich ausgezeichnet mit solchen miocaener Phosphorite der Agulhas Bank (Südafrika, PARKER and SIESSER 1972; MARLOWE, 1971, miocaener Phosphorite karibischer "Seamounts") sowie eocaener Beispiele von pazifischen "Seamounts" (Mapmaker Seamounts, eigene Beobachtungen) vergleichen.

Ausserdem tritt neben der Phosphatisierung eine Infiltration der Scaglia mit Eisenhydroxid auf, wobei jedoch keine höheren Fe_2O_3 -Werte erreicht werden (Tab. 1). Diese Hydroxide liegen heute meist als Goethit vor.

Frühe submarine Zementation erfolgt parallel mit der Phosphatisierung auch längs zahlreicher Organismenbohrgänge und sedimentärer Gänge ,

welche mit verschiedenen Generationen jüngerer Sedimente und chemischer Zemente gefüllt sind. Als sedimentäre Füllungen treten verschiedene Phasen pelagischer Sedimente des unteren Paleocaen bis unteren Eocaen, sowie Biomikrite und Biosparite mit Grossforaminiferen und Rotalgen des unteren bis mittleren Eocaen auf. Die verschiedenen Generationen sedimentärer Füllungen sind oft durch verschiedene Phasen von Phosphatisierung und Mineralisation getrennt. Offensichtlich exhumierte und resedimentierte Organismenbohrgänge im Paleocaen von Sasso (Fig. 2) deuten ebenfalls auf frühe Zementation der phosphatisierten Bohrgangwandungen und -füllungen.

Konglomeratischer Hardground :

Im Gebiet des M. Stivo - M. Baldo (Fig. 1 und 2) ist die Kreide-tertiär-Grenze durch einen bis 0,4 m mächtigen konglomeratischen Hardground ausgezeichnet. Lokal treten an der Basis des Konglomeratischen Hardgrounds diskontinuierlich wenige Cm tiefe rote, phosphatisierte und mit Eisenhydroxid imprägnierte pelagische Kalke mit planktonischen Foraminiferen des mittleren Paleocaen bis unteren Eocaen auf. Im Gegensatz zu den in situ gebildeten Brekzien an der Oberfläche der Scaglia enthält der konglomeratische Hardground eindeutig aufgearbeitete und umgelagerte Komponenten: Phosphatisierte, allseitig angebohrte und von Eisenhydroxid-Krusten umgebene Komponenten von Scaglia Rossa; limonitisierte und phosphatisierte Fragmente pelagischer Kalke des mittleren Paleocaen bis unteren Eocaen; selten vorkommende lithische Fragmente mesozoischer Sedimente und älterer Metamorphite (Radiolarit, Quarzit), Fragmente vulkanischer Gesteine (PREMOLI SILVA und LUTERBACHER, 1966); Phosphoritkörner; Glaukonitkörner, oft mit Relikten planktonischer Foraminiferen; Fragmente von Limonit-Phosphorit-Krusten. Die Grundmasse des konglomeratischen Hardgrounds besteht aus pelagischen Biomikriten mit planktonischen Foraminiferen des mittleren Paleocaen bis unteren Eocaen, welche ausserdem Brachiopodenschalen, Bivalven, Echinodermensklerite und Fischzähne, am M. Altissimo di Nago kleine Nummuliten und Discoeyclinen enthalten. Komponenten und Grundmasse des konglomeratischen

Hardgrounds lassen verschiedene Generationen von Phosphatisierung und Limonitisierung ("Cauliflower"-Strukturen) erkennen. Ausserdem treten Gänge auf, welche mit den Biomikriten und Biospariten des überlagernden Nummulitenkalkes gefüllt sind.

Krustenbildungen (Hardgrounds) :

Assoziiert mit den Schichtlücken treten ausser "Replacement" durch Phosphate Konzentrationen schwer löslicher Eisen ($\pm$ Mn, Ni)-Verbindungen auf. Diese Verbindungen treten als Krustenbildungen auf. Daneben lässt sich aber auch zeigen, dass viele der Verbindungen diagenetische Umlagerungen erfahren haben.

Ueber den phosphatisierten Sedimentoberflächen der Scaglia, sowie in und über dem konglomeratischen Hardground kommen oft laminierte, bis zu mehreren cm-dicke Eisenhydroxid-Krusten vor. Sie bestehen aus feinen, gelartigen Eisenhydroxidfilmen (Goethit), welche z.T. mit feinen Laminae pelagischer Biomikrite alternieren; vermutlich handelt es sich, analog zu Mangankrusten, um an der Sedimentoberfläche gebildete Präzipitate. An den laminierten Krusten beteiligen sich vom Paleocaen an, auch sessile Foraminiferen (Nubekularien), deren Schalen vollständig durch Eisenhydroxid ersetzt sind.

Durch diagenetische Segregationen von Eisenhydroxid entstehen weiterhin sogenannte "Cauliflower"-Strukturen, welche aus dunklen goethitischen und hellen, kalzitischen oder phosphatischen Laminae aufgebaut werden. Zahlreiche Autoren haben diese Strukturen als mineralisierte Algenstromatolithen gedeutet, "Replacement" durch "Cauliflower"-Strukturen in vulkanischen Gesteinen oder Echinodermensklerten weisen jedoch auf inorganische diagenetische Segregationen. Weitere stromatolithen-ähnliche, säulige phosphatische Bildungen lassen sich ebenfalls als diagenetische Bildungen auffassen.

Submarine Rutschungen und Resedimente :

Submarine Rutschungen kleineren Ausmasses treten in der Scaglia Rossa auf. Grössere submarine Rutschungen finden sich an der Basis der

paleocaenen Vulkanite (M. Tesoro), weiterhin enthalten die Vulkanite des Paleocaens häufig allochthone Blöcke kretazischer Scaglia Rossa (z.B. Prun, Sasso, ausserdem MEDIZZA, 1965; DAL PRÀ und MEDIZZA, 1967). In beiden Fällen sind die Kalke fluidal, vor ihrer endgültigen Lithifizierung deformiert, oft zeigen sie das charakteristische Gefüge von Phacoiden. Diese submarinen Rutschungen sind wahrscheinlich mit der Förderung der paleocaenen Vulkanite oder jedenfalls mit damit assoziierten tektonischen Bewegungen verknüpft.

Submarine Rutschbrekzien mit pelagischen Komponenten sowie Einlagerungen gradierter Kalkarenite mit neritischen Komponenten (Grossforaminiferen, Rotalgen), sowie grössere submarine Rutschungen treten auch im unteren Eocaen auf (z.B. Val Gallina, Cortivo). Sie weisen auf ein beträchtliches submarines Relief nach der Förderung der paleocaenen Vulkanite.

Zur paläogeographischen und paläotektonischen Entwicklung :

Der Vergleich der sedimentären Entwicklung der Trento Zone mit derjenigen der umliegenden Gebiete charakterisiert die Trento Zone während des ausgehenden Mesozoikums und älteren Tertiärs als submarine Hochzone; die sedimentäre Entwicklung dieser submarinen Hochzone zeigt bei lückenhafter Sedimentation eine stetige Vertiefung des Meeres während des ausgehenden Mesozoikums an; insbesondere fehlen Reste primär aragonitischer Skelette von der unteren Kreide an vollständig. Vom Paleocaen ab lässt sich eine deutliche Inversion der bathymetrischen Entwicklung erkennen. Im Paleocaen treten erstmals wieder primär aragonitische Skelettreste auf, weiterhin legt das gemeinsame Vorkommen von Bohralgen, sessilen Foraminiferen und kleinen , herbivoren Gastropoden eine Heraushebung in die photische Zone nahe. In den Monti Lessini hatte während des Paleocaens submarine vulkanische Tätigkeit, vermutlich verbunden mit tektonischen Bewegungen, grosse Unregelmässigkeiten in der Sedimentation zur Folge; die paleocaenen Hyaloklastite enthalten zahlreiche "resedimentierte" Blöcke und Schollen kretazischer Scaglia. Eine offensichtliche Akzentuierung des submarinen Reliefs ergibt sich auch aus den gradierten Kalkareniten und submarinen Rutschungen im unteren Eocaen der Monti Lessini.

Zur Genese der Hardgroundbildungen :

Die Hardgroundbildungen an der Kreide-Tertiär-Grenze der Trento Zone passen ausgezeichnet zur Vorstellung einer submarinen Hochzone mit reduzierter oder fehlender Sedimentation. Frühe Zementation, verknüpft mit "Replacement" des kalkigen Sedimentes durch Phosphate und die Bildung von Eisenhydroxid-Krusten sind die auffälligsten Merkmale der Hardgroundbildungen. Die strukturellen Beziehungen in " burrows " und Bohrgängen und im konglomeratischen Hardground zeigen, dass Mineralisation und Zementation in verschiedenen Generationen, jeweils an der Grenze verschiedener Phasen auftritt und auch deshalb frühdiaagenetischen Ursprungs ist. Die submarine Zementation der pelagischen Kalke ist jeweils auf die obersten Zentimetern beschränkt, wobei der Grad der Phosphatisierung und frühen Zementation gegen unten sukzessive abnimmt. Dass der grösste Teil der kretazischen Scaglia während des Paleocaen noch nicht lithifiziert war, ergibt sich aus der fluidalen Deformation der Scaglia Rossa in den submarinen Rutschungen und Blöcken, welche mit den paleocaenen Vulkaniten assoziiert sind.

Submarine Zementation, oft verknüpft mit Phosphat-"Replacement" und Anreicherung von Eisen- und Mangan-Oxiden, tritt rezent im pelagischen Bereich in Gebieten fehlender oder reduzierter Sedimentation auf. Eine bemerkenswerte Uebereinstimmung der von uns beschriebenen Hardground-Bildungen besteht mit tertiären Sedimenten heutiger Seamounts (MARLOWE, 1971; Mapmaker Seamounts, eigene Beobachtungen) und Kontinentalrandgebieten mit fehlender Sedimentation (Agulhas Bank, PARKER and SIESSER, 1972; Blake Plateau, EMERY and UCHUPI, 1973). Voraussetzung zur Bildung der Phosphorite scheinen aufquellendes Phosphat-reiches Tiefenwasser ("upwelling") und minimale Sedimentationsgeschwindigkeit, welche den metasomatischen Ersatz der Karbonate durch Apatit bzw. Phosphorit in den obersten Sedimentlagen ermöglicht.

Die geochemischen Daten sind in Tabelle 1 zusammengestellt; aus ihr ist ersichtlich, dass diese Daten nicht stratigraphisch interpretiert werden können. Hingegen ergibt eine grobe Einteilung der Proben in phosphatisierte pelagische Kalke ("Replacement"-Produkte), in primäre Krustenbildungen und in eine intermediäre Gruppe, wo primäre Anrei-

cherung und diagenetische Mobilisation sich überlagern, deutlich signifikante Unterschiede (Fig. 3).

Literaturverzeichnis :

- CASTELLARIN, A. (1972) Evoluzione paleotettonica sinsedimentaria del limite tra "piattaforma veneta" e "bacino lombardo" a nord di Riva del Garda. Giorn. Geol. , 38/2, 11-212.
- DAL PRÀ, A. & MEDIZZA, F. (1967) Microstratigrafia delle formazioni al Limite Cretaceo-Terziario nel Vicentino orientale. Riv. Ital. Paleont. , 73, 275-310.
- EMERY, K.O. & UCHUPI, E. (1973) Western North Atlantic Ocean: Topography, Rocks, Structure, Water, Life and Sediment. Amer. Assoc. Petrol. Geol. , Mem. 17.
- MARLOWE, J. (1971) Dolomite, phosphorite and carbonate diagenesis on a Caribbean Seamount. J. Sed. Petr. , 41, 809-827.
- MEDIZZA, F. (1965) Ricerche micropaleontologico-stratigrafiche sulle formazioni al limite tra Cretaceo e Terziario nell'alta Valle del Chiampo (Lessini orientali). Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, 25, 1-41.
- MOZZI, G. (1965) Accumuli da risedimentazione paleocenici nell'alta Valle del Chiampo (Lessini orientali). Mem. Acc. Patav. SS. LL. AA, Cl. Sc. Mat. Nat. , 77, 217-239.
- PARKER, R.J. & SIESSER, W.G. (1972) Petrology and origin of some phosphorites from the South African continental margin. J. Sed. Petrol. , 42, 434-440.
- PREMOLI SILVA, I. & LUTERBACHER, H.P. (1966) The Cretaceous Tertiary boundary in the Southern Alps (Italy). Riv. Ital. Paleont. , 72, 1183-1266.

- 1- CORNIANO
- 2- NAGO
- 3- M. ALTISSIMO DI NAGO
- 4- S. VALENTINO
- 5- M. TESORO
- 6- PRUN
- 7- TORBE
- 8- VAL GALLINA
- 9- CORTIVO
- 10- SCHIO
- 11- SASSO

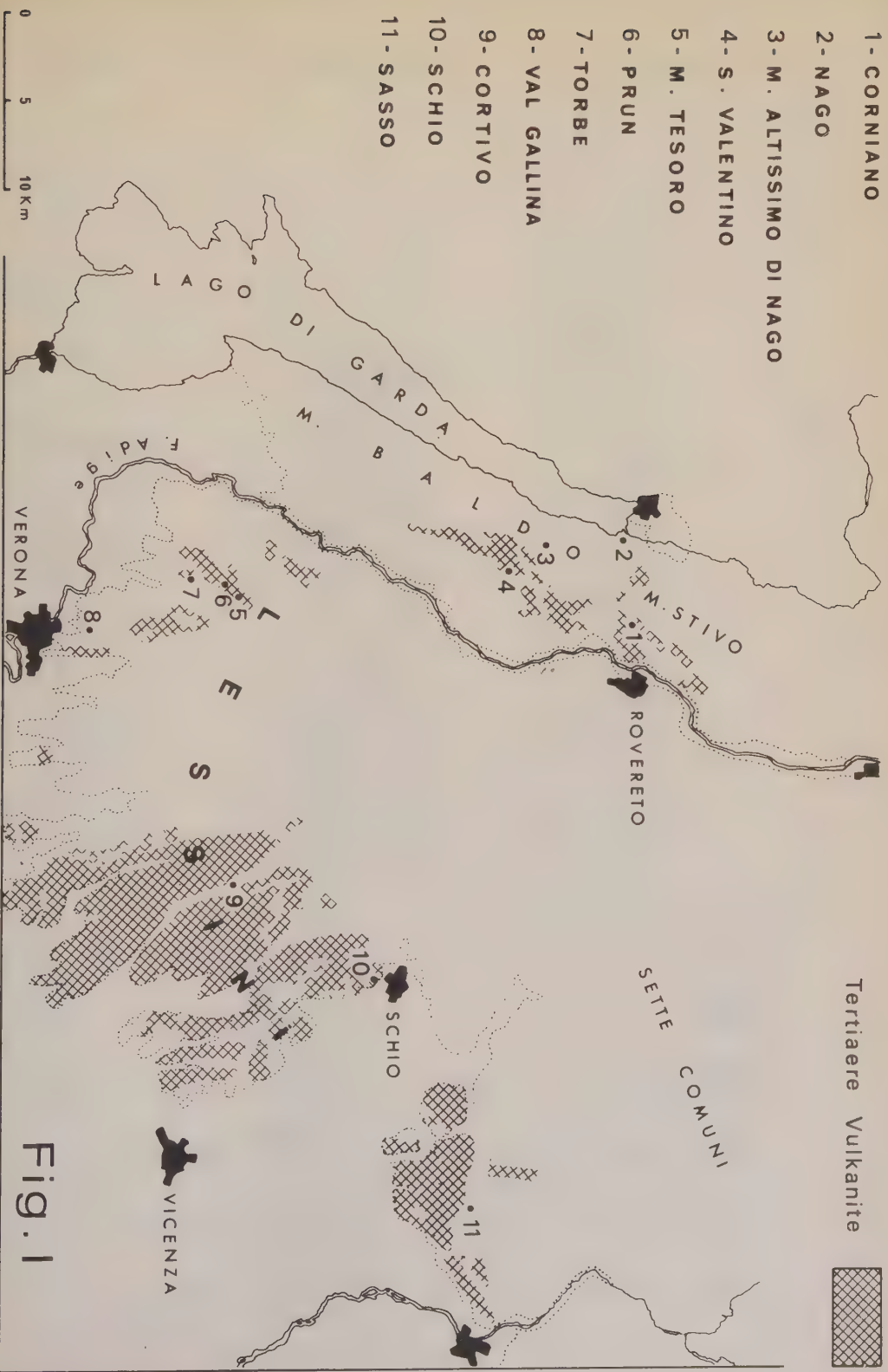


Fig. 1

GEOGRAPHISCHE LAGE DER UNTERSUCHTEN PROFILE

I. ALTISSIMO
DI NAGO

S. VALENTINO

M. TESORO

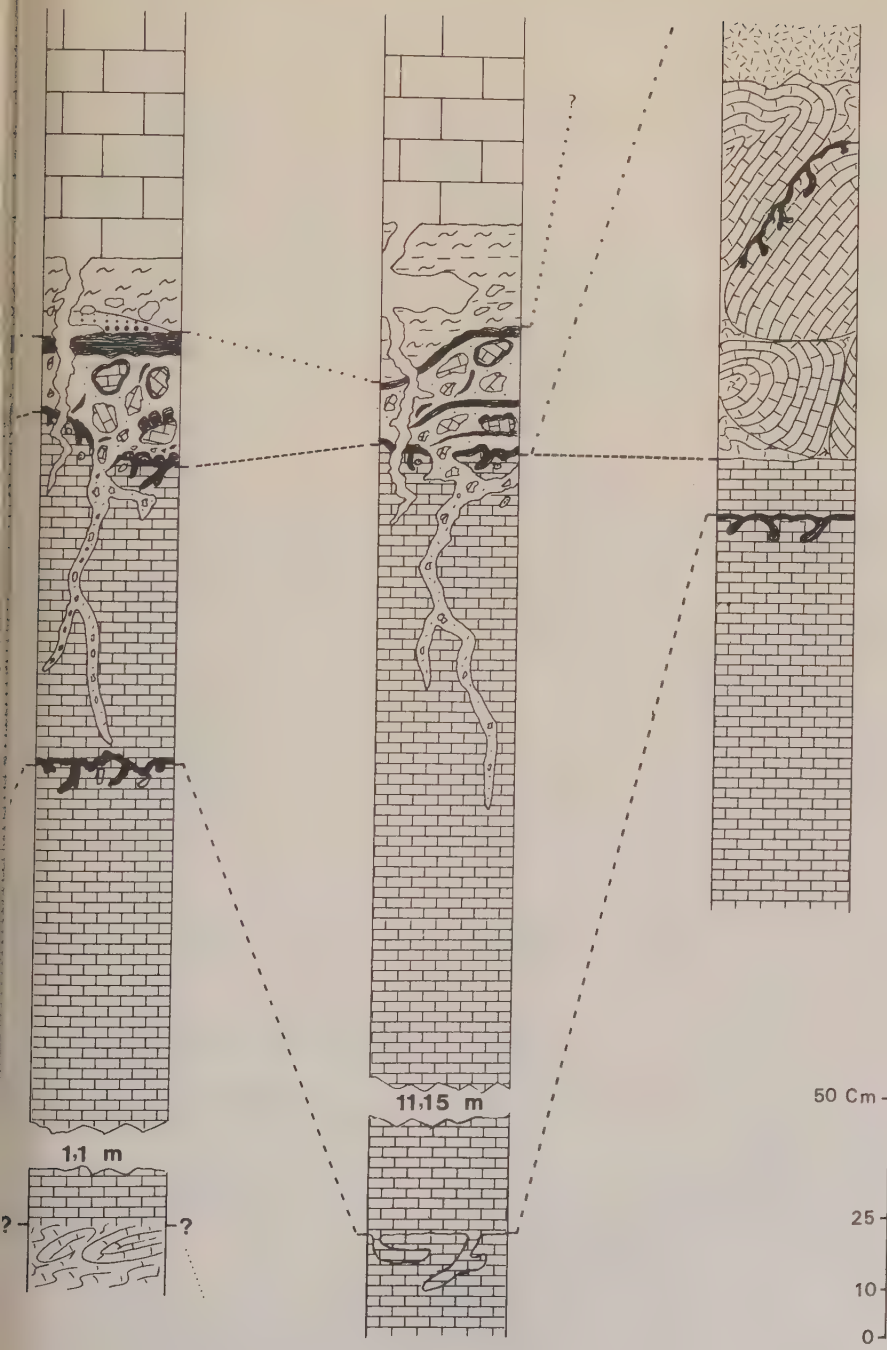
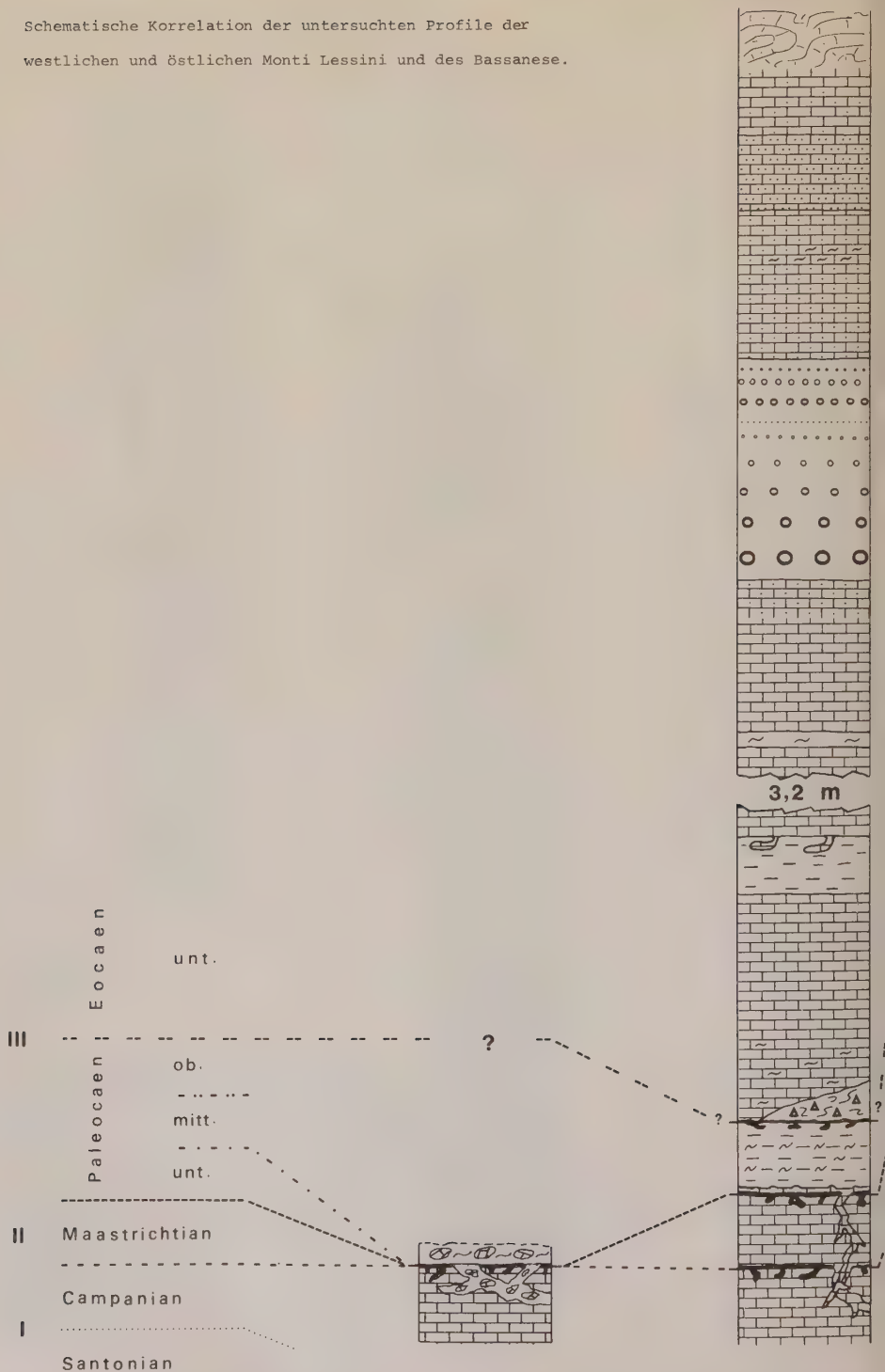


Fig. 2 b

TORBE

VAL GALLINA

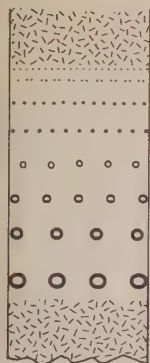
Schematische Korrelation der untersuchten Profile der westlichen und östlichen Monti Lessini und des Bassanese.



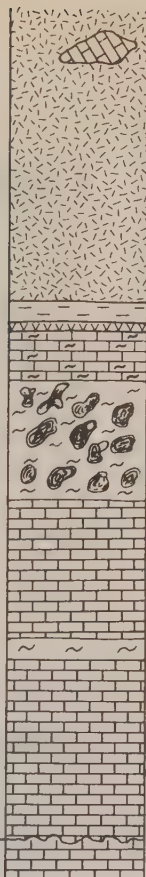
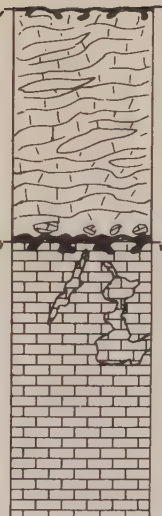
CORTIVO

SCHIO

SASSO



10 m ?



Submarine Rutschung

Pelagische Sedimente mit weniger
als 10% Plattform-MaterialPelagische Sedimente mit mehr
als 50% Plattform-MaterialPelagische Sedimente
(Scaglia Rossa)

Mergel

Bohrgänge nicht mineralisiert
(um 10 cm weit)

Ton



Brekzie



Limonit-Kruste



Sedimentäre Gänge



Hyaloklastite



Gradierte Nummulitenkalke



Tuffite

Konglomerat aus phosphatisierten,
exhumierten Bohrgängen

1 m

0

		Probe KN	CaO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	SiO ₂
NAGO	Eocaen	49-B	31,5	9	19,5	0	0,5	3,5
		45-B	43	6	8,5	0,5	0,0	8
		52-B	32,5	16	6	0	0,0	15,5
		52-A	44	19,5	0,5	0,5	0,0	3
		50	31	15	10,5	0	0,5	10
		59-B	38	17	4,5	0	0,0	3,5
		59-A	40	15	2,5	0,5	0,0	5
		51	35	15	6	0	0,0	11,5
		68-D	32,5	15	6	0	0,0	17
		67-A	55,5	1,5	0,5	1,5	0,0	4
VAL GALLINA	Eocaen	138	28,5	8,5	10	0	0,5	23
		146-D	11	0	22	0,5	0,6	
		146-C	42	<0,5	3,5	0,5	>0,1	
		146-B	8	<0,5	>25	1	0,2	
		152	27	10,5	10,5	0	0,5	30
		147	20	8,5	22	0,5	0,4	
		148-F	43	>0,5	7,5	0,5	0,2	
		148-D	22,5	7,5	28,5	0	0,5	4,5
		148-C	50	~0,5	<1	0,5	<0,1	
		151-E	27	2	5	1,5	0,6	
		151-B	45	7	1,5	0,5	<0,1	
		153-F	36	>0,5	7,5	0,5	0,2	
SCHIO	Paleocaen	552-C	10	3	42	0	1,5	3,5
		546-B	42	14	3,5	0,5	0,0	4,5
	Maastrichtian	545-H	25	7,5	16,5	0	1,0	16,5
	Campanian	545-A	56	0,5	1	1,5	0,0	4,5

Zur Geochemie der Hardgrounds an der Kreide-Tertiär-Grenze .

Die Hauptkomponenten sind in Oxide umgerechnet (Gew. %), der relative Fehler beträgt 10-25 % .

Die Konzentrationen der Spurenelemente sind in ppm wiedergegeben.

GV = Glühverlust in Gew. % .

0	Mn	SrO	Sr	Ni	Cr	Pb	Cu	Co	GV	Summe	CaCO ₃	Ca ₅ -(PO ₄) ₃ F	Krus- ten
1		0,02		>1000	50	140	100	100	16	82,6	34	22	I
33		0,04		770	25	400	100	100	30	97,9	61	15	
1		0,07		730	20	70	100	35	9,5	82,2	19	39	II
04		0,08		175	15	35	90	10	14,5	82,6	30	48	
56		0,05		>1100	45	85	100	100	8	77,6	18	37	I
12		0,1		535	90	10	100	>90	12	76,2	26	42	III
06		0,1		425	40	400	100	85	17	81,2	35	37	
11		0,06		720	40	70	90	>90	11	81,2	26	37	I
08		0,07		925	40	30	>90	>90	8	81,7	21,5	37	II
11		0,05							41	104,5	92	4	
1		0,06		430	150	15	85	35	15,5	88,7	29	21	II
	1200		<100	1200	<20	25	85	80	18	52,2	20	0,5	
	1800		400	15	<20	<15	15	15	39	85,6	75	<1	III
	>3000		<100	960	30	<15	140	130	12	47	14	<1	
14		0,6		635	55	60	80	>90	10,5	92,2	22	26	
	>3000		270	>2500	<20	80	>150	>150	8	59,4	15	21	I
	2000		~ 2000	80	30	65	>150	80	14	65,7	<42	1,2	III
66		0,03		1100	20	125	>90	>90	11	76,7	21	19	I
	400		750	25	<20	<15	<10	<10	36	88,1	89	~ 1	
	700		800	15	100	20	100	40	21	57,1	46	5	
	>200		~ 2000	40	20	<15	40	15	24	78,1	60	19	
	>3000		>2000	110	35	40	>150	75	8	52,8	<43,5	>1,2	
0		0,00		>1100	40	100	>90	100	10	73,5	11	7	I
06		0,06		170	15	>420	>80	75	19	84,6	41	35	III
9		0,03		1100	20	180	100	100	8	77,5	25	19	I
31		0,04							40,5	104,8	98	1	

I - Synsedimentär entstandene Krusten.

II - Uebergang zwischen synsedimentär und diffusiv entstandenen Krusten.

III - Diffusiv entstandene Krusten.

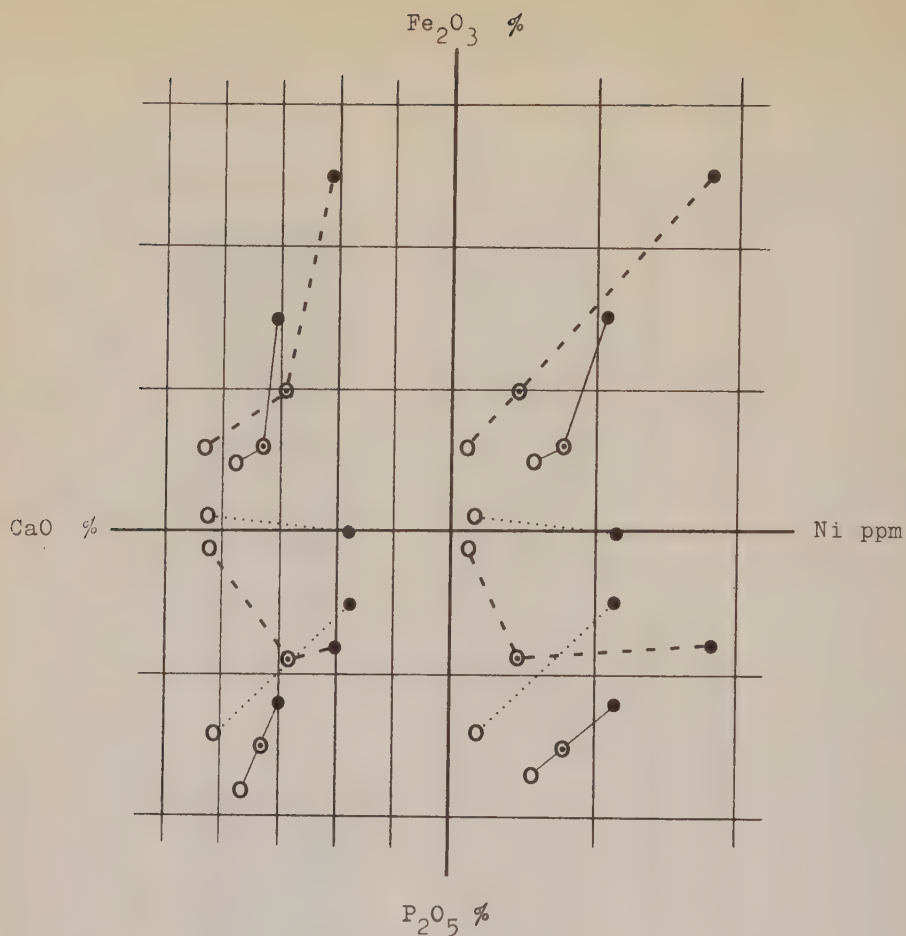


Fig. 3 Zur Geochemie der Hardgrounds :
 Variationen dreier Hauptkomponenten und des Spurenelements
 Ni und ihre gegenseitigen Abhängigkeiten.
 Der Abstand zweier Skalenteilstreiche entspricht 10 Gew.%,
 bzw. 1000 ppm für Ni ; vergl. auch Tab. 1 .

- Synsedimentäre Krusten (I)
- ⊙ Synsedimentäre und diffusive Krusten mit Uebergängen(II)
- Diffusive Krusten (III)

Nago —————

Val Gallina - - - - -

Schio

Curriculum Vitae

Am 20. Februar 1941 wurde ich, Keivan Novbakht, als Sohn des Abutorab Novbakht und der Aschrafsadat Sadr in Mahallat, Iran geboren. Ich besuchte die Volksschule in Mahallat, die Oberrealschule in Ghom, das Gymnasium in Teheran und bestand die Maturitätsprüfung im Herbst 1959.

Im Sommer 1961 immatrikulierte ich mich an der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel und wählte Geologie als Hauptfach, Mineralogie, Chemie und Zoologie als Nebenfächer.

Im Herbst 1968 erwarb ich das Diplom in Erdwissenschaften mit der Diplomarbeit :

Sedimentologische Beobachtungen an diagenetisch entstandenen Eisenhydroxid-Krusten (Oberer Jura, zentraler Apennin).

Anschliessend begann ich mit der Ausarbeitung meiner Dissertation unter der Leitung der Herren Professoren D.Bernoulli und H.Schwander.

Von 1969 - 1972 war ich als Halbtags-Assistent am Geologisch-Paläontologischen Institut beschäftigt. Vom Januar bis Juli 1973 war ich als Forschungsassistent beim Schweizerischen Nationalfonds angestellt.

Während meines Studiums besuchte ich die Vorlesungen und Uebungen folgender Dozenten :

P.Baertschi, P.Bearth, D.Bernoulli, R.Conzelmann, H.Erlenmeyer, M.Geiger-Huber, L.Hottinger, P.Huber, H.P.Laubscher, A.Matter (Bern), H.Nüesch, A.Portmann, M.Reichel, H.Schaub, H.Schwander, W.Stingelin, C.Tamm, M.Thürkauf, V.Trommsdorf, L.Vonderschmitt, E.Wenk.

